

# 南九州の第四紀末テフラの加速器<sup>14</sup>C年代（予報）

奥野 充\*

\*名古屋大学大学院人間情報学研究科（日本学術振興会特別研究員）

〒464-01 名古屋市千種区不老町

Tel: +81-52-789-2578, Fax: +81-52-789-3095

e-mail: gse-okun@sci.kagoshima-u.ac.jp

## I. はじめに

南九州には第四紀末に噴出したテフラが数多く分布している。なかでも、始良Tnテフラ（AT）と鬼界アカホヤテフラ（K-Ah）は、日本列島のほぼ全域を覆う広域テフラである。これらについては、多数の<sup>14</sup>C年代値が報告されており、前者が21,000～25,000 yr BP、後者が6,300 yr BPに噴出したものと推定されている（町田・新井, 1992）。そのほかのテフラの年代値は、桜島火山から噴出した薩摩テフラ（Sz-S）を除くとあまり多くない。その理由の一つとして、降下テフラに炭化木片があまりみられないことがあげられる。一方、土壌は、普遍的に存在することから、容易に採取することができる。土壌の<sup>14</sup>C年代は、比較的急速に埋没したものについては有効であると考えられている（Orlova and Panychev, 1993）。プリニー式噴火などでは比較的短期間にテフラが堆積するので、直下の土壌の<sup>14</sup>C年代から噴火年代を推定できると考えられる。筆者は、南九州におけるAT以降の火山噴火の周期性を明らかにするために、テフラに関連する埋没土壌や炭化木片などの<sup>14</sup>C年代を測定している。現段階ではすべてのテフラを網羅するまでには至っていないが、これまでに得られた<sup>14</sup>C年代を報告する。

## II. <sup>14</sup>C年代測定

試料の調製は、中村・中井（1988）にもとづいた。土壌はできるだけ塊の状態で採取し、蒸留水によって表面を洗い流した。これを蒸留水中で超音波洗浄して分散させ、開口径106 μmのふるいを通したものをを用いて、以下の操作を行った（奥野, 1995）。まず、1.2規定塩酸による処理（90℃・2時間）を2回繰り返して炭酸塩などを溶解除去した後、1.2規定水酸化ナトリウム水溶液による処理（90℃・1時間）によりアルカリ可溶成分を除去した。さらに1.2規定塩酸処理を2回行った後、蒸留水で十分に洗浄してフューミンを得た。得られたフューミンの有機炭素および有機窒素含量を、CNコーダー（柳本製、MT-700）により測定した。フューミン（炭素量として約2 mg）を酸化銅、還元銅および銀と共にバイコール管に真空封入して約2時間950℃に加熱し、生じた気体を真空ライン中で精製して二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を得た。一方、炭化木片は超音波洗浄した後、酸処理、アルカリ処理、酸処理を行った。これを蒸留水で洗浄、乾燥後、酸化銅と共にバイコール管に真空封入して約2時間950℃

に加熱して発生した気体を真空ライン中で精製してCO<sub>2</sub>を得た。これらのCO<sub>2</sub>から、Kitagawa *et al.* (1993) の水素還元法によりグラファイトターゲットを作製した。なお、CO<sub>2</sub>の一部を分取して  $\delta^{13}\text{C}$  の測定に供した。

調製したグラファイトターゲットについて、名古屋大学年代測定資料研究センターのタンデトロン加速器質量分析計 (Nakamura *et al.*, 1985 ; 中村・中井, 1988) を用いて<sup>14</sup>C年代を測定した。<sup>14</sup>C濃度の標準体は、NBS蓚酸 (SRM-4990) を用いた。<sup>14</sup>C年代値は、Libbyの半減期5,568年を用いて算出し、西暦1950年から遡った年数で示した。なお、測定誤差は1標準偏差 (1 $\sigma$ ) で示した。また、試料の $\delta^{13}\text{C}$ 値をトリプルコレクター式気体用質量分析計 (Finnigan MAT 社製, MAT-252) により測定し、炭素同位体の質量分別効果を補正した (中村ほか, 1994)。なお、一部は $\delta^{13}\text{C}$ が未測定のため補正していない。

### Ⅲ. 測定結果および考察

#### 1. 霧島火山群

霧島火山では、高原スコリアと御池テフラについて<sup>14</sup>C年代が得られている。測定試料の採取地点を図1に示す。

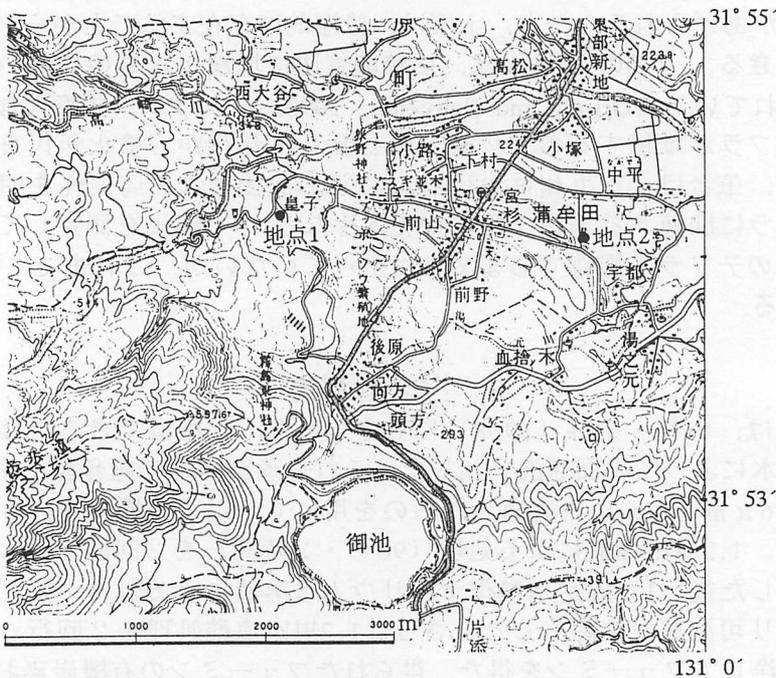


図1 霧島火山の試料の採取地点  
国土地理院発行の1:50,000地形図「霧島山」を使用。

#### 1) 高原スコリア

高原スコリア (Kr-Th : 遠藤ほか, 1969) 中の炭化物 ( $\delta^{13}\text{C}$  : -11.4‰) は、地点1

(図1)で採取された。この炭化物の $^{14}\text{C}$ 年代は、 $780 \pm 100$  yr BP (NUTA-4240)、 $930 \pm 100$  yr BP (NUTA-4265)である。2つの平均値は $860 \pm 70$  yr BPであり、これを Stuiver and Becker (1993)の $^{14}\text{C}$ 年代-較正曲線を用いた ETH Zürich and Niklaus (1994)のプログラムによって暦年代に較正すると、1067-1085 cal AD (10.6%)、1123-1137 cal AD (8.3%)、1153-1263 cal AD (80.6%)、1275-1275 cal AD (0.5%)になる。これと同時の堆積物である御鉢スコリア流中の炭化木片の $^{14}\text{C}$ 年代は、 $760 \pm 90$  yr BP (GaK-15326)と報告されており(井村・古賀, 1992)、これらはほぼ一致している。井村・古賀(1992)は、古記録と堆積物の対応からKr-Thの噴火はAD788におこったと考えられている(井ノ上, 1988)ことから、試料が新しい炭素の汚染を受けてやや新しい年代が得られたものと考えた。また、岡田(1985)は $<1,050 \pm 110$  yr BPとやや古い $^{14}\text{C}$ 年代値を報告している。御鉢火山の歴史噴火については、筒井・小林(1992)によって詳しく研究されており、Kr-Thの上位の火山砂層と古記録の対応から、9世紀、10世紀、12世紀、13世紀、16-17世紀に比較的活発な噴火活動があったことが推定されている。今回得られたKr-Thの暦年代は、Kr-Thの噴火が10~13世紀の記録に対応することを示しているが、ほかの層準の年代や考古編年との関係などをさらに検討する必要がある。

## 2) 御池テフラ

御池テフラ(Kr-M: 松井・和島, 1961)の噴出年代は、これまで縄文後期(約3,000年前)と推定されていた(桑野ほか, 1959)。しかし、最近の考古学的研究では、縄文中期後半~後期前半と考えられている(東, 1991, 本報告集)。Kr-M直下の土壤(-23.9%)を地点2から採取した(図2)。得られた $^{14}\text{C}$ 年代値は、 $4,160 \pm 90$  yr BP (NUTA-4238)であり、後者の年代観と調和する。

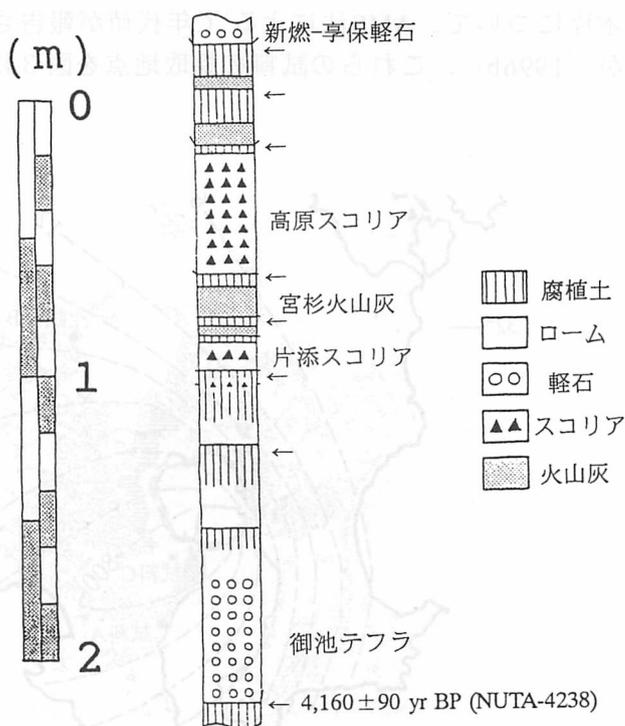


図2 霧島火山の完新世テフラの柱状図  
(筒井正明, 未公表資料)  
矢印: 試料採取層準  
(図1, 地点2)

## 2. 始良カルデラ, 桜島火山

### 1) 始良Tn テフラ

始良カルデラでは, 大隅降下軽石 (Os) の噴出にはじまり, 妻屋火砕流 (Tm), 入戸火砕流 (Ito) を噴出した巨大噴火がおこった (Kobayashi *et al.*, 1983; Aramaki, 1984; Nagaoka, 1988). 日本列島のほぼ全域を覆う始良Tn火山灰は, この入戸火砕流に伴う降下火山灰 (co-ignimbrite ash-fall) である (町田・新井, 1976). この一連の噴火を入戸噴火とよんで, そのすべての火砕堆積物をまとめて始良Tnテフラ (AT) とよぶ (図3: 町田・新井, 1992). ATの噴出年代は, Tmに含まれる炭化木片の入念な<sup>14</sup>C年代測定から約 22,000 yr BP と考えられた (木越ほか, 1972). その後もATに関連する試料の<sup>14</sup>C年代は数多く報告され, 町田・新井 (1976, 1983) はこれらの年代値が約 21,000~22,000 yr BP に集中することを指摘した. 最近, ATを挟む上下の堆積物などの<sup>14</sup>C年代値から 24,500 yr BP 前後であるとする報告がある (松本ほか, 1987, 村山ほか, 1993). さらに, 給源近くに分布する火砕物に含まれる炭化木片について, AMS法による<sup>14</sup>C年代値が報告されている (池田ほか, 1995; 奥野ほか, 1996b). これらの試料の採取地点を図3に示す. これらの年代値は, Os

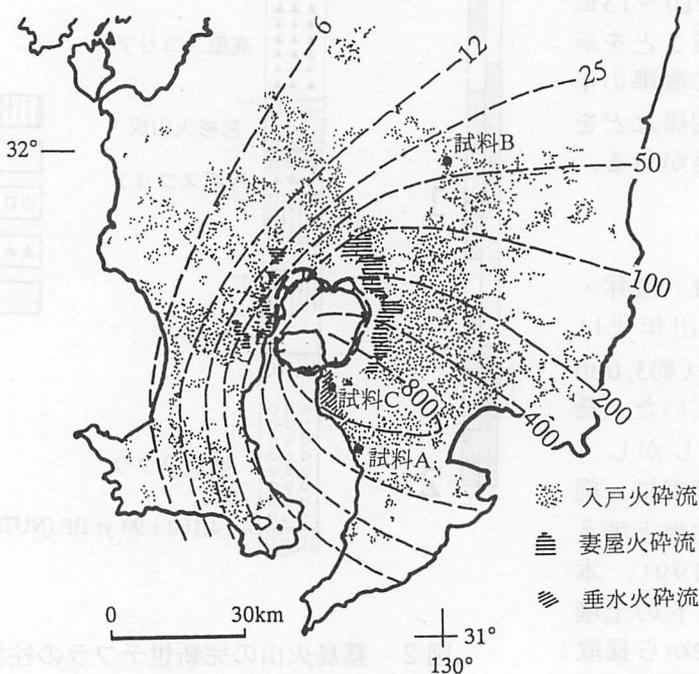


図3 南九州のATテフラの分布 (Kobayashi *et al.*, 1983; Aramaki, 1984)  
等層厚線: 大隅降下軽石 (cm).  
試料Aと試料B (池田ほか, 1995), 試料C (奥野ほか, 1996b)

中の炭化木片（試料A, -24.3%）が  $24,790 \pm 350$  yr BP (NUTA-2564), Ito中の炭化木片（試料B, -24.3%）が  $24,240 \pm 250$  yr BP (NUTA-2563), Osと同時に噴出した垂水火砕流 (Tr) 中の炭化木片（試料C, -25.3%）が  $24,710 \pm 170$  yr BP (NUTA-4017) である. これらの年代値から, ATの噴出年代は, ほぼ  $24,500$  yr BP と判断される.

## 2) 桜島テフラ群

桜島は始良カルデラ南縁に位置する後カルデラ火山であり, この火山から噴出したテフラを桜島テフラ群 (Sz) とよぶ. Szの層序や分布については, 福山 (1978), 福山・小野 (1981), 小林 (1986), 森脇 (1994) などの報告がある. 小林 (1986) は, 17層の桜島起源の軽石層 (P1~P17) を識別している. そのうち上から14番目のもの (P14) が最も規模が大きく, 薩摩テフラ (Sz-S) と呼ばれている (新井・町田, 1980). その噴出年代は中に含まれている炭化木片の<sup>14</sup>C年代値 (表1) から  $10,500$  yr BP と考えられている (町田・新井, 1992). 大隅半島における Szの模式柱状図を図4に, 試料採取地点を図5に, <sup>14</sup>C年代値を表2と表3に示す. 桜島火山の噴火史は, 「古期北岳」「新期北岳」「南岳」の3つのステージに大きく分けられる (小林, 1986, 1989). 小林 (1989) は Sz-Sより下位の土壌の<sup>14</sup>C年代を報告し, その噴火史が  $20,000$  yr BP まで遡る可能性を指摘している. ここでは, Okuno *et al.* (1996), 奥野ほか (1996b) にもとづいて Szの噴出年代について述べる (図6).

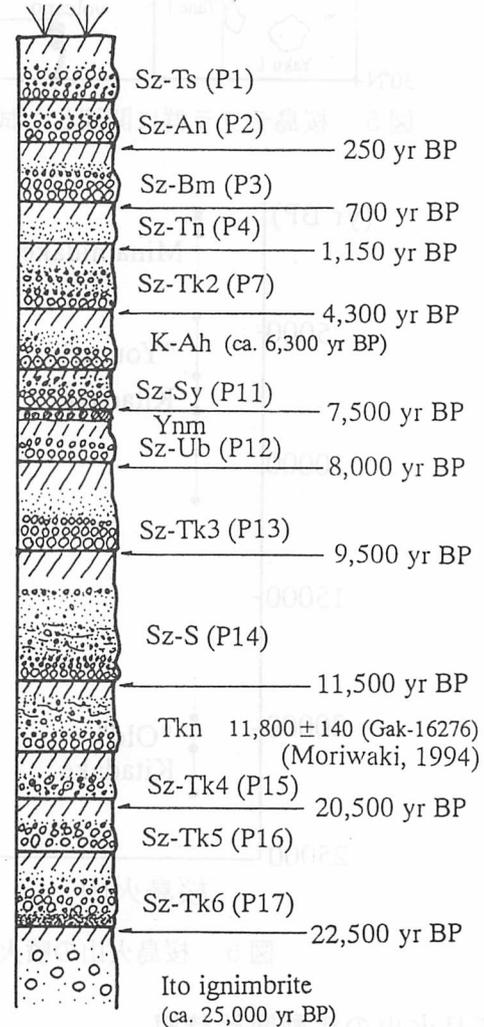


図4 大隅半島での桜島テフラ群の模式柱状図 (森脇, 1994; Okuno *et al.*, 1996)

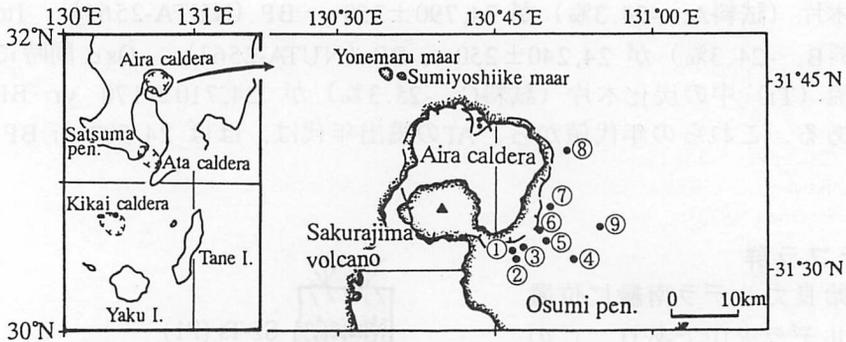


図5 桜島テフラ群に関連した試料の採取地点 (Okuno *et al.*, 1996)

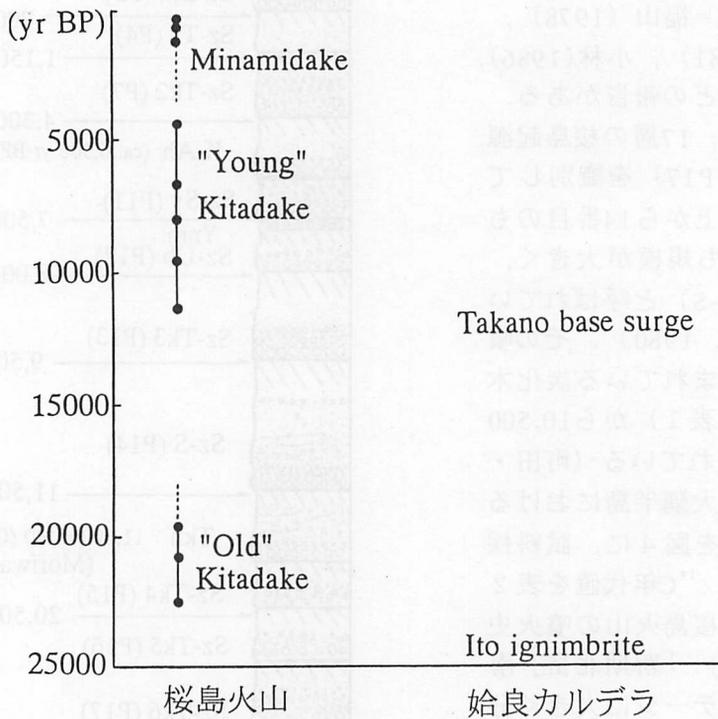


図6 桜島火山の噴火史 (小林, 1989を修正)

### ① 桜島火山の活動開始時期

桜島火山起源の最下位の高峠6テフラ (Sz-Tk6/P17) 中の炭化木片 (-25.3%) の年代は、 $22,610 \pm 140$  yr BP (NUTA-3938) である。一方、その直下の土壌 (-20.3%) は  $21,130 \pm 170$  yr BP (NUTA-3788) ,  $21,240 \pm 120$  yr BP (NUTA-3755) とやや若い。いずれにしても、桜島の噴火史が 22,000 yr BP 付近にまで遡ることは確実である。その上位の高峠5テフラ (Sz-Tk5/P16) 直下の土壌 (-21.1%) の年代値は、

表1 桜島薩摩テフラの<sup>14</sup>C年代

Stratigraphic relation	Material	<sup>14</sup> C age (yr BP)	Lab no.	Reference
above	Humic soil	10,220 ± 330	GaK-6077	Ishikawa and Kato (1977)
in	Charcoal	10,630 ± 220	GaK-3423	Ishikawa et al. (1972)
in	Charcoal	10,900 ± 200	GaK-2235	Kuwashiro (1970)
in	Charcoal	10,700 ± 200	GaK-2248	Kuwashiro (1970)
in	Charcoal	11,200 ± 200	GaK-3385	Ishikawa et al. (1972)
in	Charcoal	10,020 ± 240	GaK-8430	Machida et al. (1984)
below	Humic soil	11,010 ± 230	GaK-4163	Fukuyama and Aramaki (1973)

17,640 ± 90 yr BP (NUT A-3937) であるが、高峠4テフラ(Sz-Tk4/P15)直下の土壌(-23.4%)は、20,490 ± 150 yr BP (NUTA-3869) であり、層位的に矛盾している。フューミンの炭素/窒素比(C/N比)が10前後のものに、層位と比べて若い値を示す傾向が認められる(奥野ほか, 1996c)ことから、Sz-Tk4に対する年代値がより信頼できるものと判断される。また、Sz-Tk4を覆っている土壌の<sup>14</sup>C年代値は、成瀬ほか(1994)により、18,030 ± 290 yr BP (I-16523), 16,970 ± 280 yr BP (I-16524) と報告されており、上記の推定と調和的である。したがって、古期北岳の活動は22,000 yr BPから20,000 yr BPの比較的短期間であると考えられる。

表2 桜島テフラ群に関連した土壌の<sup>14</sup>C年代

Locality*	Stratigraphic position**	C (%)	N (%)	C/N ratio	δ <sup>13</sup> C (‰)	<sup>14</sup> C age*** (yr BP)	Lab no. (NUTA-)
⑤	Below Sz-An	11.15	0.44	25.2	-17.4	200 ± 70	4072
①	Below Sz-An	14.84	0.68	21.9	-22.5	220 ± 100	4135
⑦	Below Sz-An	9.82	0.35	27.8	-17.2	320 ± 70	3782
⑧	Below Sz-Bm	18.19	0.67	27.2	-16.8	680 ± 70	4136
⑦	Below Sz-Bm	12.25	0.41	30.1	-15.2	930 ± 70	4073
⑤	Below Sz-Tn	1.61	0.11	14.3	-23.6	1,000 ± 80	4079
⑥	Below Sz-Tn	1.75	0.09	20.0	-27.4	1,160 ± 60	4009
①	Below Sz-Tn	0.31	0	-	-25.0	1,210 ± 90	4148
①	Below Sz-Tk2	0.45	0	-	-26.7	4,190 ± 70	4124
⑥	Below Sz-Tk2	0.35	0.03	11.2	-27.0	4,250 ± 70	4008
⑦	Below K-Ah	1.27	0.11	12.0	-24.1	3,940 ± 80	4078
①	Below K-Ah	2.34	0.11	21.7	-16.5	6,720 ± 80	4150
⑦	Below Sz-Sy	0.46	0.04	12.0	-25.3	6,480 ± 80	3758
⑦	Below Sz-Ub	1.18	0.05	23.8	-20.7	7,950 ± 80	3757
⑦	Above Sz-Tk3	3.05	0.19	16.1	-19.7	7,770 ± 70	4080
②	Above Sz-Tk3	1.66	0.07	23.0	-19.7	8,040 ± 80	3940
②	Below Sz-Tk3	8.07	0.26	31.5	-21.7	9,240 ± 80	3875
④	Below Sz-Tk3	6.02	0.29	20.5	-21.9	9,340 ± 90	4036
⑤	Below Sz-Tk3	5.99	0.18	32.8	-20.6	9,400 ± 100	4235
⑦	Below Sz-Tk3	5.08	0.14	36.0	-23.1	9,890 ± 80	3756
⑦	Below Sz-S	5.52	0.23	24.4	-22.7	10,910 ± 80	3874
②	Below Sz-S	3.56	0.15	23.1	-21.4	11,280 ± 80	3878
						11,330 ± 90	4025
④	Below Sz-S	2.16	0.10	21.0	-20.7	11,660 ± 100	3868
②	Below Sz-Tk4	1.43	0.09	15.7	-23.4	20,490 ± 150	3869
③	Below Sz-Tk5	0.44	0.05	8.3	-21.1	17,640 ± 90	3937
④	Below Sz-Tk6	1.97	0.09	22.1	-20.3	21,130 ± 170	3788
						21,240 ± 120	3755

\* 図5に示す \*\* 図4に示す \*\*\* 半減期=5,568年

表3 桜島テフラ群に関連した炭化木片の<sup>14</sup>C年代

Locality*	Stratigraphic position**	δ <sup>13</sup> C (%)	<sup>14</sup> C age*** (yr BP)	Lab no. (NUTA-)
④	Below Sz-Tk2	-29.1	4,250 ± 70	4017
⑤	Below Sz-Tk3	-26.8	9,540 ± 90	4035
③	In Sz-Tk6	-25.3	22,610 ± 140	3938

\* 図5に示す \*\* 図4に示す \*\*\* 半減期=5,568年

## ② 薩摩テフラの年代

新时期北岳の活動は、薩摩テフラ (Sz-S) の噴出から始まる (小林, 1989)。Sz-S は大木・早坂 (1970) の新时期火山灰・軽石層のうちの降下軽石層、薄層理軽石質火山灰層に相当する (小林, 1982, 1986)。このテフラの名称は、新井・町田 (1980) が南九州一円に分布して考古学上重要な鍵層である降下軽石層に対して“薩摩”と命名したことによる。薄層理軽石質火山灰層は、特徴的なラミナ構造をもち、炭化木片を含むこと、分布が鹿児島市周辺に限定されることなどからサージ堆積物と考えられる (小林, 1986)。このサージ堆積物中の炭化木片などの<sup>14</sup>C年代はいくつか報告されている (表1)。今回測定した Sz-S 直下の土壌の<sup>14</sup>C年代値は、10,900~11,700 yr BPの範囲にある (表2)。また、Sz-Sは鹿児島平野の地下にも広く分布しており (岩松・横田, 1991; 森脇ほか, 1993)、ボーリングによって得られた Sz-S 直下の土壌 (-19.5%) の年代値は 11,850 ± 90 yr BP (NUTA-3561) である (奥野ほか, 1996a)。これらの土壌の<sup>14</sup>C年代値は、炭化木片の年代値よりやや古い傾向がみられる。今後炭化木片についても再検討する必要があるが、土壌の年代値から判断すると、Sz-Sは 11,500 yr BP 付近に噴出したと考えられる。したがって、古期北岳と新时期北岳の間に約8,000~9,000年の時間間隙を見積もることができる。

## ③ 新时期北岳の活動年代

新时期北岳の活動は、Sz-S以降500~2,000年程度の休止期を挟んでテフラが噴出している。北岳最後の噴火は第5層 (P5) の噴出であり、北側斜面には火砕流も流下している (小林, 1986)。この火砕流中の炭化木片の<sup>14</sup>C年代が、約 4,900 yr BPと得られている (小林, 未公表)。しかし、P5より下位である高峠2テフラ (Sz-Tk2/P7) 直下の土壌の<sup>14</sup>C年代は約4,300 yr BPであり (表2)、上記のP5の年代値と層位的に矛盾する。2つの年代値は互いによく一致していることから、ほぼ信頼できるものと考えられる。ただし、両者とも試料のC/N比が10に近い為、やや若い年代を示している可能性もあり、今後検討する必要がある。

## ④ 歴史噴火の年代

大隅半島に分布する歴史時代のテフラは、天平 (Sz-Tn/P4)、文明 (Sz-Bm/P3)、安永 (Sz-An/P2)、大正 (Sz-Ts/P1) である (小林, 1982; 岩松・小林, 1984)。

図7は、Sz-Tsを除いた歴史時代のテフラの<sup>14</sup>C年代を、Stuiver and Becker (1993)の<sup>14</sup>C年代-較正曲線上にプロットしたものである。天平テフラ (Sz-Tn) は、第4層 (P4: 小林, 1986), 高峠1 (Sz-Tk1: 森脇, 1994) に相当するものである。この直下の土壌の年代値は約1,100 yr BP付近であり, このテフラが天平噴火 (764年) によるものとする考え (小林, 1982) と一致することから, Sz-Tnと改称した。Sz-Bm についての年代値はどちらも古く, とくにLoc.⑦での年代値 (930±70 yr BP) は, 期待される年代値との間に約500年の差がある。Loc.⑦は下位のSz-Tk2 (P7) の分布域であるが (小林, 1986), それが見られないことから判断して, その前後の時期には風成層 (テフラ/土壌) が連続して堆積していなかった可能性が高い。したがって, 下位の土壌に由来する炭素が混入した可能性が, 古い年代値が得られた理由として考えられる。Sz-Anについては, ほぼ妥当な値が得られている (図7)。

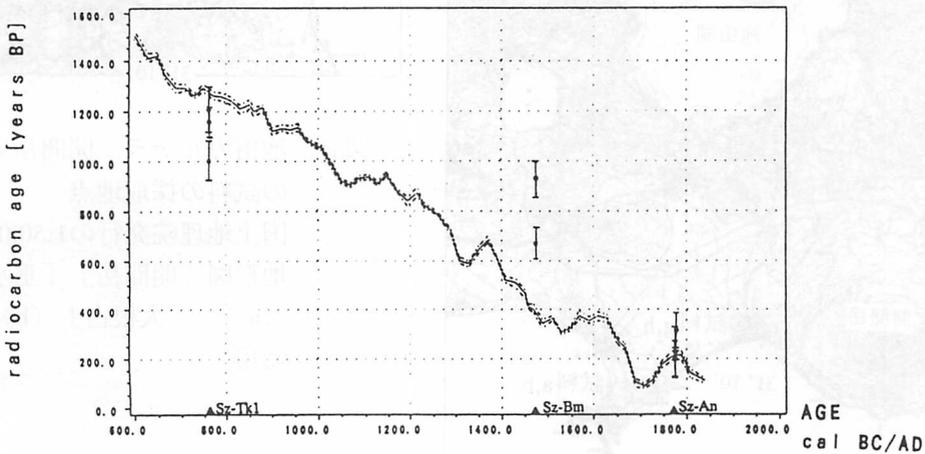


図7 歴史時代のテフラ (Sz-Tsを除いた) の<sup>14</sup>C年代  
<sup>14</sup>C年代-暦年代曲線は, Stuiver and Becker (1993) による

### 3. 池田カルデラ, 開聞岳火山

今回測定した試料の採取地点を図8に示す。

#### 1) 池田カルデラ

池田カルデラの形成に関連したテフラ (Ik) は, 下位より池崎火山灰 (Ik-Ik), 尾下スコリア (Ik-Os), 池田降下軽石 (Ik-Pfa), 池田火砕流 (Ik-Pfl), 山川ベースサージ (Ym-Bs), 池田湖火山灰層 (Ik-Afa) からなる (成尾・小林, 1980)。このテフラの<sup>14</sup>C年代は, Ik Pflの炭化木片を試料として, 5,750±30 yr BP (KSU-537: 成尾・小林, 1984, 私信), Ik-Pfa直下の土壌を試料として4,640±80 yr BP (GaK-584: 松井, 1966) である。

得られた<sup>14</sup>C年代値を表4と表5に示す。炭化木片は, 成尾・小林 (1984) が報告

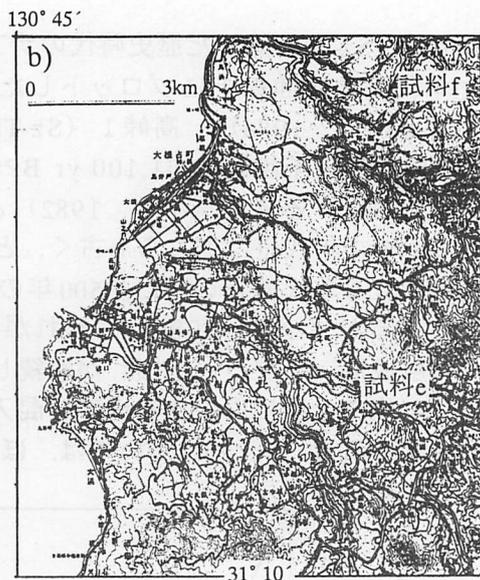


図8 池田カルデラ，開聞岳火山の試料の採取地点  
 国土地理院発行の1:50,000地形図「開聞岳」「垂水」  
 (a)，「大根占」(b)を使用。

したものと同一露頭から採取したもので(図8-a:成尾,私信),2種類の樹種がある(試料aと試料b)。ここでのIk-Pflは,細粒のガラス質火山灰からなるマトリックに直径1~3cm程度の軽石が散在し弱いラミナを形成している。露頭の下半分は植生に覆われるが海岸には下位の溶結凝灰岩が露出していることから,おおよその層厚は約20mと推定される。炭化木片はその中程に散在し,いずれも水平~やや斜めに横たわっている。試料bは,直径1~0.5mm程度の細長い繊維状で組織が顕著で,その特徴からモクセイシダの一種のヒカゲヘゴと判断される。それぞれの試料について3回測定した。どちらも2回目がやや古い値を示しているが,1回目と3回目はきわめてよく一致している(表4)。一方,土壌の年代値は,薩摩半島の試料cと試料d(図8-a)が大きく異なる。どちらも山地斜面の露頭から採取したものであり,再堆積した可能性が考えられる。ただし,試料dは,直上のIk-Afaが攪乱されておらず,やや若い年代を示した原因は明らかではない。大隅半島の試料eと試料f(図8-b)はたがいによく一致し,炭化木片の測定結果ともよく合う。Ikの噴火年代は,上位の鍋島岳

テフラ, 開聞岳テフラ群 (後述) の年代値もあわせると, 5,500~5,700 yr BPごろと考えられる。

表4 池田火砕流中の炭化木片の<sup>14</sup>C年代

Sample	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	<sup>14</sup> C age (yr BP)	Lab no. (NUTA)
a-1	-28.7	5,540 ± 70	3606
-2	—	6,260 ± 70	3672
-3	—	5,540 ± 60	3857
b-1	-25.9	5,860 ± 80	3600
-2	—	6,120 ± 60	3673
-3	—	5,770 ± 60	3858

表5 池田テフラ直下の土壌の<sup>14</sup>C年代

Sample	C (%)	N (%)	C/N	$\delta^{13}\text{C}^*$ (‰)	<sup>14</sup> C age (yr BP)	Lab no. (NUTA)
c	2.58	0.12	21.2	-18.9	7,100 ± 80	3751
d	3.24	0.16	20.2	n.d.	5,090 ± 100	4142
e	4.69	0.19	24.9	-16.1	5,620 ± 80	4032
f	5.73	0.21	27.5	-19.5	5,510 ± 80	4031

\* n. d.=not determined

## 2) 鍋島岳火山

鍋島岳火山は池田カルデラの南縁に生じた溶岩ドームであり, このドームの形成に先行してテフラも噴出している (奥野・小林, 1991) . このテフラ中の炭化木片の<sup>14</sup>C年代は 4,220 ± 160 yr BP (NUTA-2536) , 4,380 ± 140 yr BP (NUTA-2537) であり, 両者の平均値は 4,300 ± 110 yr BP である (奥野ほか, 1993) .

## 3) 開聞岳火山

開聞岳火山は, 考古遺物との層位関係や腐植土の厚さから, 約4,000年前に噴火活動を開始したと推定されている (桑代, 1967 ; 中村, 1967) . 開聞岳のテフラの<sup>14</sup>C年代は, 古川・中村 (1969) , 石川ほか (1979) などの報告がある. 成尾 (1984) はテフラ層序と考古編年から, 開聞岳テフラの最下部の<sup>14</sup>C年代として石川ほか (1979) の 4,040 ± 120 yr BP (Gak-7518) を採用している. この火山は, 平安時代に2回噴火 (貞観・仁和) しており, その詳細は「三代実録」に記録が残っている.

今回測定した試料は, 平安時代のテフラ直下の土壌である (図8) . 年代値は貞観テフラ (Km-Jo) 直下の土壌 (試料g, -17.6‰) が 1,070 ± 80 yr BP (NUTA-4141) , 仁和テフラ直下 (Km-Nn) の土壌 (試料h, -23.6‰) が 1,350 ± 100 yr BP (NUTA-4236) である. これらを Stuiver and Becker (1993) の<sup>14</sup>C年代-校正曲線を用いた ETH Zürich and Niklaus (1994) のプログラムにより暦年代に校正すると, 前者が 785-786 cal AD (0.6%) , 875-1035 cal AD (93.4%) , 1102-1113 cal AD (3.6%) , 1142-1148 cal AD (2.4%) , 後者が 602-779 cal AD (96.6%) , 792-801 cal AD (3.4%) になる.

#### 4. 鬼界カルデラ，硫黄岳火山

測定した試料の採取地点を図9に示す。

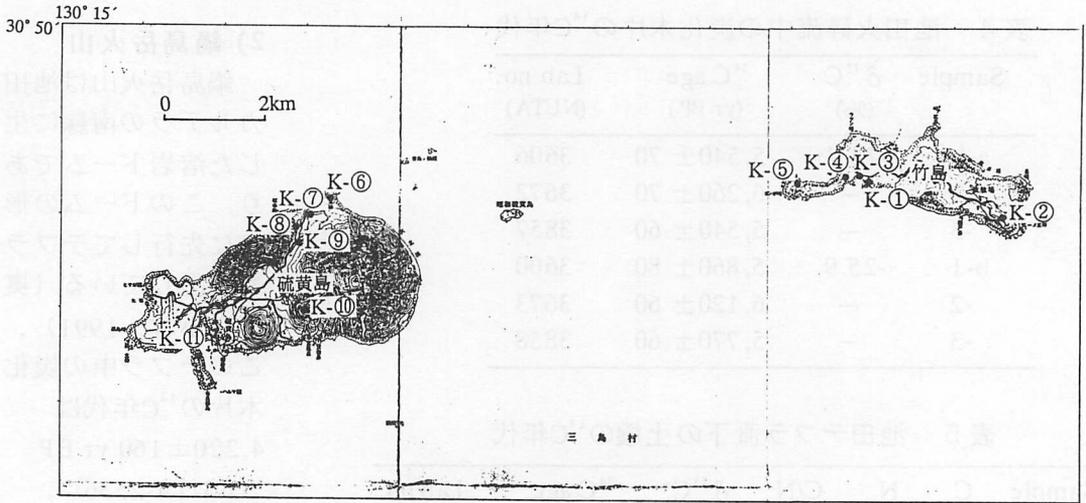


図9 鬼界カルデラの試料の採取地点

国土地理院発行の1:50,000地形図「薩摩硫黄島」を使用。

##### 1) 籠港テフラ群

籠港テフラ群 (K-Km) は、鬼界カルデラ北縁に位置する竹島と硫黄島に分布している (小野ほか, 1982)。Kobayashi and Hayakawa (1984) は、この中の軽石質火山灰層を桜島起源のSz-S (11,500 yr BP) に対比している。一方、長岡 (1988) は同じ火山灰層とその上位の軽石層を、それぞれ種子島に分布している種 I 火山灰 (Tn-1) と種 II 軽石 (Tn-2) に対比した。このTn-1とTn-2は、種子島ではAT (24,500 yr BP) より下位にあり (長岡, 1988; 奥野・小林, 1994)、両者の見解は層位的に矛盾している。K-Kmの噴出年代は、竹島や硫黄島ではATが見いだされていないため、その詳細は明らかでなかった。竹島の地点K-①とK-②の柱状図と測定値を図10と表6に、地点K-①~④のSz-S直上の腐植土の $^{14}\text{C}$ 年代を表7に示す。硫黄島の地点K-⑥の柱状図と測定値を図11に示す。

地点K-①での年代値は、試料①-1を除いて層位と矛盾しない。試料①-2aと①-2b、試料①-6a、①-6b、①-6cは、同じ層位から採取して個別に調製操作を行ったもので、炭素含量やC/N比はそれぞれ異なる (表6、表7)。これは試料の不均一性や調製操作の諸条件の微妙な違いによるものと考えられる。しかし、得られた $^{14}\text{C}$ 年代は、それぞれほぼ一致している。地点K-②の試料は、試料②-6と②-8の年代値が、地点K-①の同じ層位のものとは一致しない。また、層位的にも逆転しており上位のK-Ahとも矛盾している。なお、試料②-10は他の $^{14}\text{C}$ 年代値やK-Ahなどと矛盾していないが、その確からしさを詳しく検討することはできない。現段階では、堆積物の産状および $^{14}\text{C}$

年代値から、K-Kmは14～8kaの断続的噴火により形成されたものと考えられる。

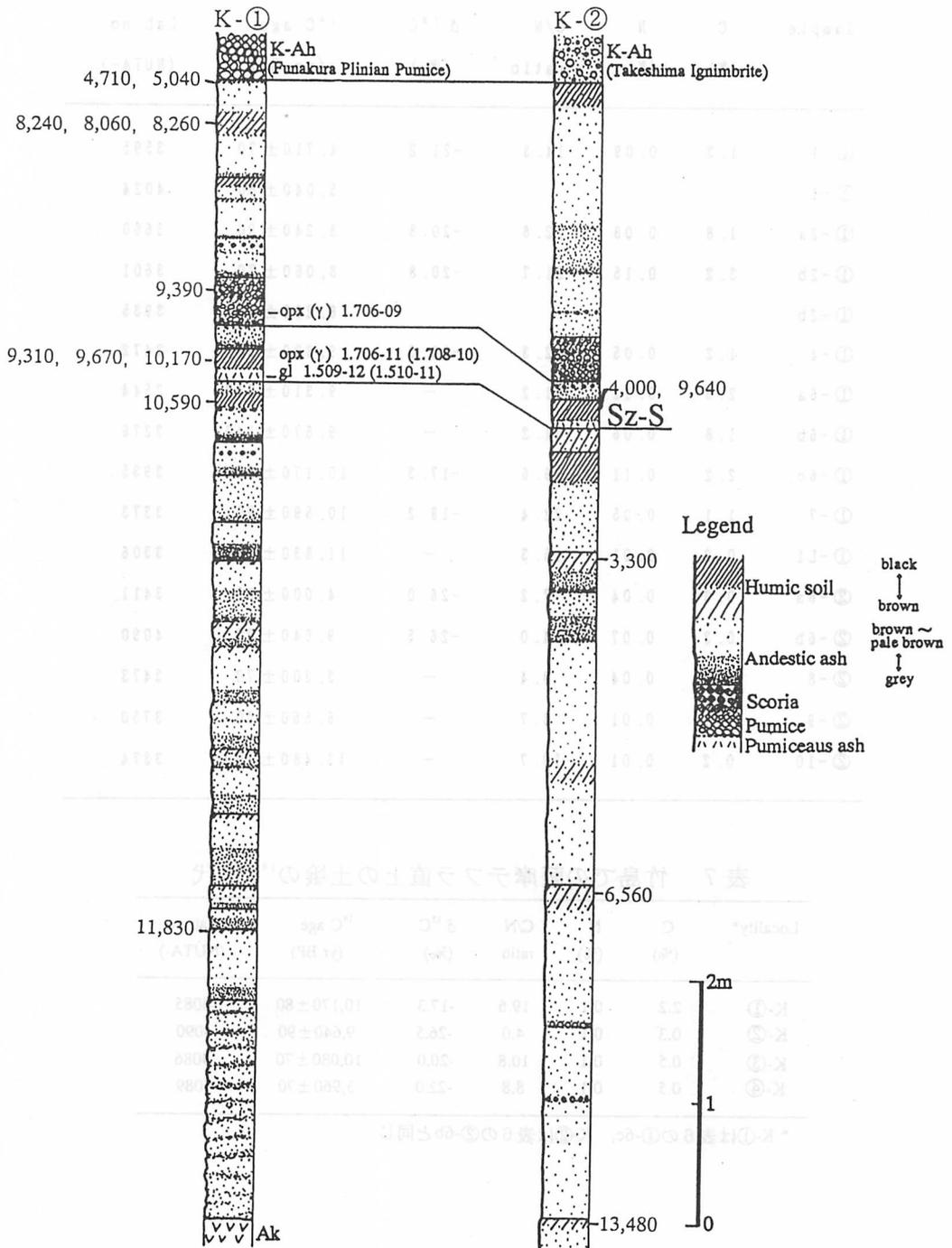


図10 地点K-①, K-②での柱状図と<sup>14</sup>C年代年代値の詳細は、表6に示す。

表6 地点K-①, K-②の籠港テフラ群に挟在する土壤の<sup>14</sup>C年代

Sample	C (%)	N (%)	C/N ratio	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	<sup>14</sup> C age (yr BP)	Lab no. (NUTA-)
①-1	1.3	0.09	14.3	-21.2	4,710 ± 70	3595
①-1					5,040 ± 80	4024
①-2a	1.8	0.08	22.8	-20.8	8,240 ± 90	3660
①-2b	3.2	0.15	21.7	-20.8	8,060 ± 70	3601
①-2b					8,260 ± 80	3935
①-4	1.2	0.05	22.3	-20.3	9,390 ± 90	3472
①-6a	2.6	0.12	21.2	-	9,310 ± 240	2544
①-6b	1.8	0.06	31.2	-	9,670 ± 140	3276
①-6c	2.2	0.11	19.6	-17.3	10,170 ± 80	3935
①-7	1.1	0.05	22.4	-18.2	10,590 ± 90	3373
①-L1	0.2	0.01	15.3	-	11,830 ± 110	3306
②-6a	0.3	0.04	7.2	-26.0	4,000 ± 80	3411
②-6b	0.3	0.07	4.0	-26.5	9,640 ± 90	4090
②-8	0.4	0.04	9.4	-	3,300 ± 70	3473
②-9	0.1	0.01	8.7	-	6,560 ± 80	3750
②-10	0.2	0.01	13.7	-	13,480 ± 100	3374

表7 竹島での薩摩テフラ直上の土壤の<sup>14</sup>C年代

Locality*	C (%)	N (%)	C/N ratio	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	<sup>14</sup> C age (yr BP)	Lab no. (NUTA-)
K-①	2.2	0.1	19.6	-17.3	10,170 ± 80	4085
K-②	0.3	0.1	4.0	-26.5	9,640 ± 90	4090
K-③	0.5	0.1	10.8	-20.0	10,080 ± 70	4086
K-④	0.5	0.1	8.8	-22.0	3,960 ± 70	4089

\* K-①は表6の①-6c, K-②は表6の②-6bと同じ

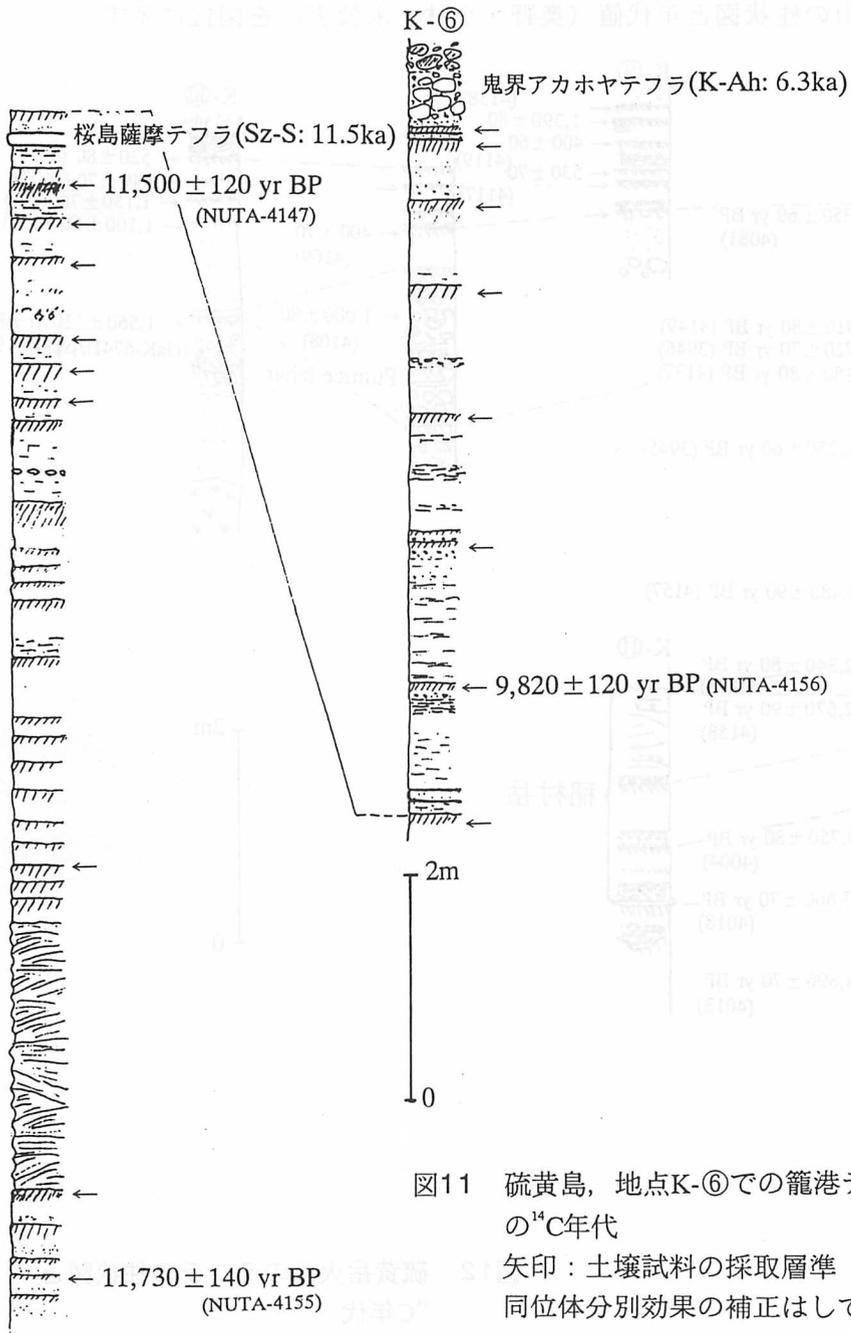


図11 硫黄島，地点K-⑥での籠港テフラ群の $^{14}\text{C}$ 年代

矢印：土壌試料の採取層準  
同位体分別効果の補正はしていない。

## 2) 硫黄岳火山

硫黄岳火山の柱状図と年代値（奥野・小林，未公表）を図12に示す。

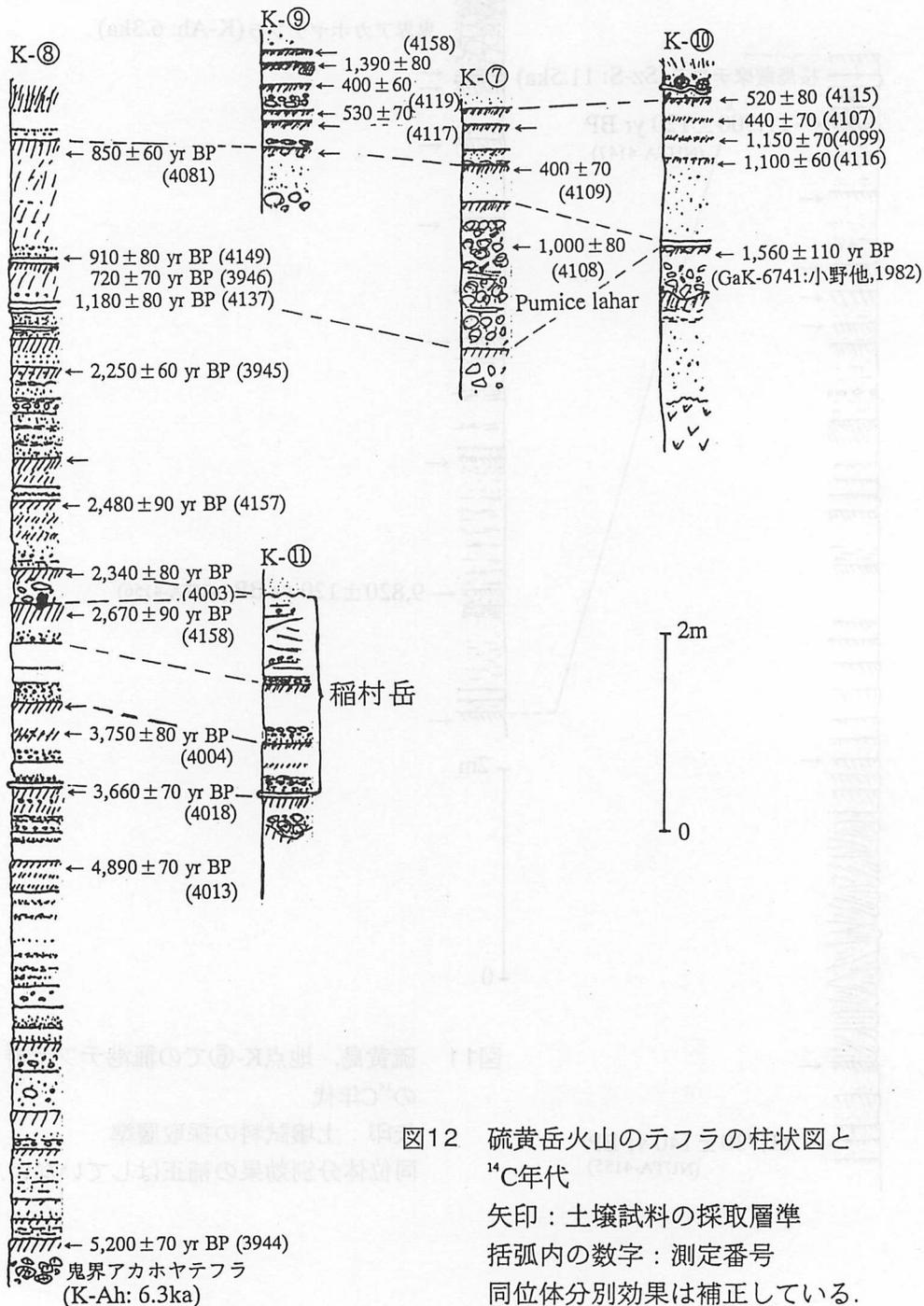


図12 硫黄岳火山のテフラの柱状図と $^{14}\text{C}$ 年代

矢印：土壌試料の採取層準

括弧内の数字：測定番号

同位体分別効果は補正している。

硫黄岳は、鬼界カルデラのアカホヤ噴火以降に形成された火山である（小野ほか、1982）。この火山は、古期硫黄岳の形成、山頂部の崩壊、崩壊火口を埋め立てる新期硫黄岳の成長という形成史をもっている（小林、1985）。また、この新期と古期の間には稲村岳のスコリア層と山頂崩壊に伴う岩なだれ堆積物が挟まっている。

硫黄岳火山の年代値は、ほとんどが降下テフラ中に含まれる少量の炭化木片を用いたものである。これらによると、硫黄岳火山は、アカホヤ噴火後の5,200 yr BP ごろから活動を開始し、その活動は 3,600 yr BPから2,600 yr BPにかけての稲村岳の活動を挟んで、歴史時代にまでおよぶと考えられる。得られた年代値に多少のばらつきがあり、層位的なデータ、古記録などを含めてさらに検討する必要がある。また、硫黄岳、稲村岳からのテフラは、竹島にもほとんど堆積していない（奥野ほか、1994）。

#### IV. 議論

##### 1. 土壌の<sup>14</sup>C年代の有効性

土壌試料を処理したフューミンの炭素含量は0.1~20%程度であり、加速器質量分析（AMS）法による年代測定に必要な炭素は、十分得ることができる。得られた年代値は、ほとんどが層位的なデータと矛盾しておらず、歴史時代のテフラについても、そのほとんどは妥当なものと考えられる。ただし、奥野（1995）、奥野ほか（1996c）などで指摘したように、C/N比が10に近いものにやや若い値を示すものが認められる。これは、土壌の形成後の微生物の活動により若い炭素が混入したことによるものと考えられる。しかし、C/N比が10に近いからといって、必ず若返っているわけではない。

Sz-Tk3上下の年代値（表2：桜島テフラ群のLoc.⑦）で示したように、テフラの上下で大きな差が認められる。テフラ直上の年代値は、その上位のテフラ（Sz-Ub）直下の値とほぼ一致する。このことは、テフラの降下・堆積によって土壌が閉鎖系になったことを示唆している。ただし、テフラに挟まれる土壌は下位にいくほど古い炭素に由来する有機物に富むと思われる。実際、層位と比較してやや古い年代値が得られることもあり、土壌の攪乱による下位の有機物の混入によるものと思われる。桜島の文明テフラの年代もやや古い値が得られている（図7）。これは、文明以前の天平噴火は、先行する休止期が長いうえにテフラの分布が狭く、文明テフラ直下の土壌が下位の古い有機物の影響を受けやすいためと考えられる。以上のことから、土壌の<sup>14</sup>C年代の分解能はテフラの降下頻度に依存しているものと推察される。したがって、より精度の高い年代を得るためには、高頻度でテフラが堆積している露頭から試料（土壌）を採取するとよい。さらに、このような露頭では、テフラの保存状態（純層であるかどうかなど）から、土壌の攪乱の程度も判断することができるので都合がよい。

##### 2. 南九州の入戸噴火以降の噴火史

土壌試料や微量の炭化木片を用いることで、火山活動をより詳細に編年できるようになった。鬼界カルデラでは、13,500 yr BP 以前から8,000 yr BP の断続的な噴火活

動により籠港テフラ群が形成され、大規模火砕流噴火であるアカホヤ噴火(6.3ka)の後、硫黄岳が5,200 yr BPから活動を開始している。始良カルデラでは、24,500 yr BPの入戸噴火の後、桜島が22,000 yr BPから活動を開始している。池田カルデラでは、5,500~5,700 yr BPの火砕流噴火の後、4,300 yr BPに鍋島岳が、約4,000 yr BPから開聞岳の活動が開始している。これらのカルデラ火山と小型成層火山の活動の規則性を見いだすには至らないが、大規模火砕流噴火の前後にあまり休止期間をおかず小型成層火山が活動していることが明確になった。

## 謝 辞

本稿で報告した<sup>14</sup>C年代は、名古屋大学年代測定資料研究センターの中村俊夫助教授、鹿児島大学理学部の小林哲夫助教授、同法文学部の森脇 広助教授、群馬大学の新井房夫名誉教授、串木野高等学校の成尾英仁教諭、(株)ダイヤコンサルタントの筒井正明氏らとの共同研究によるものである。これらは、それぞれについて上記した共同研究者とあらためて公表する予定である。なお、この研究には、文部省科学研究費補助金(特別研究奨励費、00002051)を使用した。記して謝意を表します。

## 引用文献

- 新井房夫・町田 洋(1980)日本のテフラカタログI-西日本~東北地方の第四紀後期示標テフラの岩石記載的研究-。軽石学雑誌, 6, 65-76.
- Aramaki, S. (1984) Formation of the Aira caldera, Southern Kyushu, 22,000 years ago. *Jour. Geophys. Res.*, **89**, 8485-8501.
- 遠藤 尚・小林ローム研究グループ(1969)火山灰層による霧島溶岩類の編年(試論)。霧島山総合調査報告(宮崎県), 13-30.
- 福山博之(1978)桜島火山の地質。地質雑, **84**, 309-316.
- 福山博之・荒牧重雄(1973)大隅半島に分布する桜島火山起源火山灰土壌の<sup>14</sup>C年代。火山, **18**, 35.
- 福山博之・小野晃司(1981)「桜島火山地質図 1:25,000」, 地質調査所。
- 東 和幸(1991)アカホヤ以降の火山灰と縄文土器。縄文通信, **4**, 41-48.
- 池田晃子・奥野 充・中村俊夫・筒井正明・小林哲夫(1995)南九州, 始良カルデラ起源の大隅降下軽石と入戸火砕流の炭化樹木の加速器質量分析法による<sup>14</sup>C年代。第四紀研究, **34**, 377-379.
- 井村隆介・古賀政行(1992)霧島火山および入戸火砕流の<sup>14</sup>C年代。火山, **37**, 99-102.
- 井ノ上幸造(1988)霧島火山群高千穂複合火山の噴火活動史。岩鉱, **83**, 26-41.
- 石川秀雄・肥後精一・泊 芳英・大木公彦・浜崎和男(1972)蒲生軽石流および新期火山灰・軽石層の<sup>14</sup>C年代。地質学雑誌, **78**, 563-565.
- 岩松 暉・小林哲夫(1984)桜島火山の有史軽石の分布と浸食作用。桜島地域学術調査協議会調査研究報告, 第2集, 149-158.
- 岩松 暉・横田修一郎(1991)桜島大規模噴火に伴う地盤振動災害の予測図作成。平成2年度科学研究費補助金, 重点領域研究(2)研究成果報告書(研究代表者, 岩松 暉), 32pp.
- 木越邦彦・福岡孝昭・横山勝三(1972)始良カルデラ妻屋火砕流の<sup>14</sup>C年代。火山, **17**, 1-8.

- Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Matsumoto, E. (1993) A batch preparation method for graphite targets with low background for AMS  $^{14}\text{C}$  measurements. *Radiocarbon*, **35**, 295-300.
- 小林哲夫 (1982) 桜島火山の地質：これまでの研究の成果と今後の課題. 火山, **27**, 277-292.
- 小林哲夫 (1985) トカラ列島の火山. 火山, **30**, 45-47.
- 小林哲夫 (1986) 桜島火山の形成史と火砕流. 文部省科学研究費自然災害特別研究, 計画研究「火山噴火に伴う乾燥粉体流 (火砕流等) の特質と災害」 (代表者 荒牧重雄) 報告書, 137-163.
- 小林哲夫 (1989) 桜島火山の初期火山活動と年代. 日本火山学会講演予稿集, **1989-1**, 8.
- Kobayashi, T. and Hayakawa, Y. (1984) Geology of Kikai caldera (source of the Koya Ignimbrite), Japan. *Volcanology of the Koya ash flow, A progress report of the U.S. - Japan cooperative science program*, 13-14.
- Kobayashi, T., Hayakawa, Y. and Aramaki, S. (1983) Thickness and grain-size distribution of the Osumi pumice fall deposit from the Aira caldera. *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, **28**, 129-139.
- 桑野幸夫・郷原保眞・松井 健 (1959) 大隅半島の地質 (予報). 資源研彙報, **49**, 59-82.
- 桑代 勲 (1967) 新时期のうちの (A) 開聞火山噴出物について (その2). 知覧文化, **4**, 73-94.
- 桑代 勲 (1970) 始良カルデラの研究 (2), 新島の誕生・地形と地質・海岸侵食. 知覧文化, **7**, 1-22.
- 町田 洋・新井房夫 (1976) 広域に分布する火山灰 - 始良Tn火山灰の発見とその意義 -. 科学, **46**, 339-347.
- 町田 洋・新井房夫 (1978) 南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラアカホヤ火山灰. 第四紀研究, **17**, 143-163.
- 町田 洋・新井房夫 (1992) 火山灰アトラス [日本列島とその周辺]. 276pp. 東京大学出版会, 東京.
- 町田 洋・新井房夫・杉原重夫・小田静夫・遠藤邦彦 (1984) テフラと日本考古学 - 考古学研究と関連するテフラのカタログ -. 渡辺直経 (編): 古文化財に関する保存科学と人文・自然科学 - 総括報告書 -, 865-928.
- 松井健 (1966) 大隅半島笠野原台地の「アカホヤ」層の噴出年代. 地球科学, No.87, 37-39.
- 松本英二・前田保夫・竹村恵二・西田史朗 (1987) 始良Tn火山灰の $^{14}\text{C}$ 年代. 第四紀研究, **26**, 79-83.
- 森脇 広 (1994) 桜島テフラ層序・分布と細粒火山灰の層位. 文部省科学研究費 (一般研究C), 研究成果報告書「鹿児島湾周辺における第四紀後期の細粒火山灰層に関する古環境学的研究」, 1-20.
- 森脇 広・藤山賢一郎・新井房夫 (1993) 桜島・薩摩テフラ層序と沖積層中の層位 -. 日本第四紀学会講演要旨集, **23**, 34-35.
- 村山雅文・松本英二・中村俊夫・岡村 真・安田尚登・平 朝彦 (1993) 四国沖ピストンコア試料を用いた AT 火山灰噴出年代の再検討 - タンデトロン加速器質量分析計による浮遊性有孔虫の $^{14}\text{C}$ 年代 -. 地質学雑誌, **99**, 787-798.
- Nagaoka, S. (1988) The late Quaternary tephra layers from caldera volcanoes in and around Kagoshima Bay, southern Kyushu, Japan. *Geogra. Rep. Tokyo Metro. Univ.*, **23**, 49-122.
- 長岡信治 (1988) 最終間氷期末に起きた鬼界カルデラの珪長質火砕流噴火と火砕サージの形成. 地学雑誌, **97**, 156-169.
- 中村真人 (1967) 開聞岳の火山噴出物と火山活動史 - とくに噴出物の量と時代関係について. 火山, **12**, 119-131.

- 中村俊夫・中井信之 (1988) 放射性炭素年代測定法の基礎 - 加速器質量分析法に重点をおいて - .  
地質学論集, **29**, 83-106.
- 中村俊夫・池田晃子・小田寛貴 (1994) タンデトロ加速器質量分析計による<sup>14</sup>C測定における炭素同位体  
分別の補正について - <sup>14</sup>C年代算出の手引き - . 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **V**, 237-243.
- Nakamura, T., Nakai, N., Sakase, T., Kimura, M., Ohishi, S. Taniguchi, M. and Yoshioka, S. (1985)  
Direct detection of radiocarbon using accelerator techniques and its application to age measurements.  
*Jpn. J. Appl. Phys.*, **24**, 1716-1723.
- 成尾英仁・小林哲夫 (1984) 池田カルデラの活動史 (演旨) . 火山, **25**, 306.
- 成尾英仁・小林哲夫 (1984) 池田カルデラ形成時の降下堆積物 (演旨) . 火山, **29**, 148.
- 成瀬敏郎・横山勝三・柳 精司 (1994) シラス台地上のレス質土壌とその堆積環境. 地理科学, **49**, 76-84.
- 岡田 肇 (1985) 霧島火山群の噴出物と発達史 (演旨) . 火山, **30**, 315.
- 大木公彦・早坂祥三 (1970) 鹿児島市北部地域における第四系の層序. 鹿児島大学理学部紀要, **3**, 67-92.
- 奥野 充 (1995) 古土壌の加速器<sup>14</sup>C年代による噴火年代の推定. 名古屋大学加速器質量分析計業績  
報告書, **VI**, 43-53.
- 奥野 充・小林哲夫 (1991) 鍋島岳火山の地質. 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物学), **24**, 23-35.
- 奥野 充・小林哲夫 (1994) 種子島に分布する後期更新世テフラ. 第四紀研究, **33**, 113-117.
- 奥野 充・小林哲夫・中村俊夫 (1993) 南九州, 鍋島岳テフラ層中の炭化木片の加速器<sup>14</sup>C年代. 火  
山, **38**, 91-94.
- 奥野 充・新井房夫・森脇 広・中村俊夫・小林哲夫 (1994) 鬼界カルデラ, 籠港テフラ群に挟在す  
る腐植土の加速器<sup>14</sup>C年代. 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物学), **27**, 189-197.
- 奥野 充・中村俊夫・新井房夫・森脇 広・小林哲夫 (1995) 古土壌の<sup>14</sup>C年代からみた鬼界籠港テ  
フラ群の噴出年代. 日本地理学会予稿集, **48**, 228-229.
- 奥野 充・中村俊夫・横田修一郎 (1996a) 鹿児島沖積平野におけるボーリング・コア試料の加速器  
<sup>14</sup>C年代. 地球科学, **50**, 70-74.
- 奥野 充・中村俊夫・森脇 広・小林哲夫 (1996b) 加速器<sup>14</sup>C年代からみた始良 - 入戸噴火と桜島  
の活動開始年代. 地球惑星科学関連学会合同大会講演予稿集, (印刷中) .
- 奥野 充・中村俊夫・森脇 広・小林哲夫 (1996c) 古土壌の加速器<sup>14</sup>C年代からみた南九州の降下テ  
フラの噴出年代 (演旨) . 地形, **17**, 51.
- Okuno, M., Nakamura, T., Moriwaki, H. and Kobayashi, T. (1996) Radiocarbon-chronology of  
Sakurajima volcano, southern Kyushu, Japan. *Abstracts Today International Symposium on  
Cosmochronology and Isotope Geoscience 1996*, 190-193.
- Orlova, L. A. and Panychev, V. A. (1993) The reliability of radiocarbon dating buried soils.  
*Radiocarbon*, **35**, 369-377.
- Stuiver, M. and Becker, B. (1993) High-precision decadal calibration of radiocarbon time-scale,  
AD1950-6000. *Radiocarbon*, **35**, 35-66.
- 筒井正明・小林哲夫 (1992) 霧島・御鉢火山のテフロクロノロジー. 1992年度日本火山学会秋季大会  
講演予稿集, 114.

## 口頭発表

- 1) 奥野 充・中村俊夫：埋没土壌の加速器<sup>14</sup>C年代からみる噴火年代. タンデム加速器とその周辺技術の研究会, 名古屋大学, 1995年7月.
- 2) 奥野 充・中村俊夫・森脇 広・小林哲夫：古土壌の加速器<sup>14</sup>C年代からみた南九州の降下テフラの噴出年代. 日本地形学連合, 金沢大学, 1995年10月.
- 3) 奥野 充・中村俊夫・新井房夫・森脇 広・小林哲夫：古土壌の加速器<sup>14</sup>C年代からみた鬼界籠港テフラ群の噴出年代. 日本地理学会, 岡山大学, 1995年10月.
- 4) 奥野 充・守屋以智雄・田中耕平・中村俊夫：高原火山, 富士山溶岩ドームを形成した噴火の推移と年代. 昭和新山生成50周年記念国際火山ワークショップ, 伊達カルチャーセンター, 1995年10月.
- 5) 守屋以智雄・奥野 充：日本の第四紀火山の最近1万年間の噴火史と噴火予測. 昭和新山生成50周年記念国際火山ワークショップ, 伊達カルチャーセンター, 1995年10月.
- 6) Okuno, M., Nakamura, T., Moriwaki, H. and Kobayashi, T.: Radiocarbon-chronology of Sakurajima volcano, southern Kyushu, Japan. Today International Symposium on Cosmochronology and Isotope Geoscience, Univ. of Tokyo, Jan. 1996.
- 7) 奥野 充・那須火山調査グループ：那須・茶臼岳火山の歴史噴火. 地球惑星科学関連学会合同大会, 大阪大学, 1996年3月.
- 8) 奥野 充・中村俊夫・森脇 広・小林哲夫：加速器<sup>14</sup>C年代からみた始良一入戸噴火と桜島の活動開始年代. 地球惑星科学関連学会合同大会, 大阪大学, 1996年3月.

## 論文発表等

- 1) 奥野 充・中村俊夫 (1995) 加速器質量分析法による鹿屋市岡泉遺跡の炭化木片の<sup>14</sup>C年代. 鹿屋市埋蔵文化財発掘調査報告書「岡泉 (IX) 遺跡」, 鹿屋市教育委員会, 49-54.
- 2) 奥野 充・中村俊夫・新井房夫・守屋以智雄 (1995) 乗鞍岳火山, 位ヶ原テフラ層の<sup>14</sup>C年代. 名古屋大学古川総合研究資料館報告, No.11, 109-112.
- 3) 池田晃子・奥野 充・中村俊夫・筒井正明・小林哲夫 (1995) 南九州, 始良カルデラ起源の大隅降下軽石と入戸火砕流の炭化樹木の加速器質量分析法による<sup>14</sup>C年代. 第四紀研究, 34, 377-379.
- 4) 奥野 充・中村俊夫・横田修一郎 (1996) 鹿児島沖積平野におけるボーリング・コア試料の加速器<sup>14</sup>C年代. 地球科学, 50, 70-74.